

明 細 書

拡散コード生成方法、CDMA送信装置及びCDMA受信装置

5 技術分野

本発明は拡散コード生成方法、CDMA送信装置及びCDMA受信装置に関し、特に直交拡散コードの生成方法、直交拡散コードを用いるCDMA送信装置及びCDMA受信装置に関する。

10 背景技術

従来、CDMA通信システムにおいては、送信側で送信シンボルを拡散コードを用いて拡散し、受信側で同じ拡散コードを用いて逆拡散することで受信シンボルを得るようになっている。この際、回線（チャネル）間での信号の干渉を防ぐために、回線間で互いに直交関係にある拡散コードを用いることが一般的である。

この直交コードの生成方法については、例えば日本国の特開平12-115130号公報で開示されている。

CDMA通信では、拡散コード間の直交性が保たれるか否かで通信品質が大きく左右される。そのため拡散コード間の同期や回線の類似性が保証される場合には、通常は直交コードが使われる。實際上、下り回線などでは完全に全部の拡散コードが同期するようになされており、かつマルチパスが存在する場合においても全拡散コードが同じ回線で伝送されることが保証される。上り回線であってもこれが保証されるような工夫がなされていることもある。

このためCDMA通信では、直交コードをどれだけ多くかつ効率的に生成できるかが、システムの通信容量（チャネル数）に大きな影響を及ぼす。

図1に従来のCDMA送信装置の一般的な構成を示すと共に、図2に従来のCDMA受信装置の一般的な構成を示す。なお図1及び図2では、説明を簡単

化するために、1コード多重を例にとって説明する。CDMA送信装置10は、マッピング部12において送信データをQPSK(Quadrature Phase Shift Keying)や16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)等の変調方式に応じてI-Q平面上の所定位置にマッピングすることにより、I成分及びQ成分
5 を得、このI成分及びQ成分を拡散部13のシンボルコピー部14に送出する。

シンボルコピー部14は、I成分及びQ成分それぞれが拡散率に応じた数になるようにコピーし、続く乗算部15に送出する。例えば拡散部13で4倍拡散を行う場合には、I成分及びQ成分を4つずつコピーする。また乗算部15には、拡散コード生成部11により生成された拡散コードが入力される。例え
10 ば4倍拡散を行う場合には、拡散コード生成部11で「1, -1, 1, -1」や、これに直交する「1, 1, 1, 1」等の拡散コードが生成されて乗算部15に入力される。

この結果、乗算部15では順次拡散コードの各要素と、I成分及びQ成分とが乗算され、例えば拡散コードが「1, -1, 1, -1」であった場合には、
15 I成分については「I, -I, I, -I」の順序で出力され、Q成分については「Q, -Q, Q, -Q」の順序で出力される。なおここでは、I成分及びQ成分に同じ拡散コードを乗算する場合について述べたが、I成分とQ成分で別々の拡散コードを乗算する方法を採ることも可能であり、または複素乗算する方法を採ることも可能である。

20 このように拡散部13により拡散処理が施されたI成分とQ成分はフィルタ16を介して直交変調部17に送られる。直交変調部17は、I成分とQ成分によりそれぞれ互いに位相が直交する波を変調することにより直交変調処理を施し、直交変調後の送信波をアンテナ18を介して送信する。

図2に示すCDMA受信装置20は、CDMA送信装置10から送信された
25 送信波をアンテナ22で受信した後、直交復調部23に入力する。直交復調部23は、受信波に対して直交変調部17(図1)で用いたのと同じ、互いに位相が直交したsin波又はcos波を乗じることにより、直交変調前のI成分

及びQ成分を検出する。検出されたI成分及びQ成分は、フィルタ24を介して逆拡散部25の乗算部26に送出される。

また乗算部26には、拡散コード生成部21により生成された拡散コードが
5 入力される。このとき生成される拡散コードは、CDMA送信装置10の拡散
コード生成部11で生成された拡散コードと同一のコードである。これにより、
乗算後のI成分及びQ成分は、例えば4倍拡散の場合には、「I, I, I, I」、
「Q, Q, Q, Q」となる。

シンボル間足込部27は、CDMA送信装置10のシンボルコピー部14で
10 コピーした数のI成分及びQ成分を各成分毎に足し込む。4倍拡散の場合には、
4つのI成分を足し込むと共に4つのQ成分を足し込む。これにより得られた
1データ分のI成分及びQ成分はデマッピング部28に送出される。

デマッピング部28は、CDMA送信装置10のマッピング部12と反対の
処理を施すことにより、I成分及びQ成分のマッピング位置に応じた受信デー
15 タを得るようになっている。これにより、CDMA送信装置10から送信され
た送信データに対応する受信データを得ることができる。

しかし、従来のCDMA通信での拡散コードは[1, -1]の系列（すなわ
ち1か-1のいずれかの数値）を用いるために、使用効率の良い直交コードを
作ろうとすると、コード長が2のべき乗にならざるを得ない。これはフレーム
20 長や基本クロックなどのシステムのパラメータを決める上で大きな制約とな
る。例えば、他のシステムと基本クロックを合わせたりする場合には、設計が
大変困難となる。実際に3GPP（3rd Generation Partnership Project）で
規格化されているW-CDMAでは、この制約のためにチップレートが3.8
4Mcpsとなっている。また3GPP2で規格化されているcdma2000
0でも同様に1.228Mcpsとなっている。

25

発明の開示

本発明の目的は、任意の長さの拡散コードを生成し得る拡散コード生成方法、

CDMA送信及び受信装置を提供することである。

この目的は、自然対数の底を e とし、拡散コードの長さ（すなわち拡散コード長）を N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C(a, b)$ を次式により生成することにより達成される。

$$5 \quad C(a, b) = e^{j(2n\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、(1) 式において、 $n = a \times b$ であり、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$ の値を採り得るものとする。

これにより、直交性を有する任意の拡散コード長 N (N は任意の自然数) の拡散コードを生成することができるようになる。

10

図面の簡単な説明

図 1 は、従来の CDMA 送信装置の構成を示すブロック図；

図 2 は、従来の CDMA 受信装置の構成を示すブロック図；

図 3 は、実施の形態 1 の拡散コード生成装置の構成を示すブロック図；

15 図 4 は、実施の形態 1 の拡散コード生成装置による拡散コード生成手順を示すフローチャート；

図 5 は、実施の形態 1 の CDMA 送信装置の構成を示すブロック図；

図 6 は、実施の形態 1 の CDMA 受信装置の構成を示すブロック図；

図 7 A は、本発明の拡散コードの直交性の説明に供する図；

20 図 7 B は、本発明の拡散コードの直交性の説明に供する図；

図 7 C は、本発明の拡散コードの直交性の説明に供する図；

図 8 A は、本発明の拡散コードの直交性の説明に供する図；

図 8 B は、本発明の拡散コードの直交性の説明に供する図；

図 9 は、実施の形態 2 の拡散コード生成装置の構成を示すブロック図；

25 図 10 は、実施の形態 2 の CDMA 送信装置の構成を示すブロック図；

図 11 は、実施の形態 2 の CDMA 受信装置の構成を示すブロック図；

図 12 は、実施の形態 3 の CDMA 送信装置の構成を示すブロック図；

図 1 3 は、実施の形態 3 の CDMA 受信装置の構成を示すブロック図；

図 1 4 は、実施の形態 4 の説明に供するコードツリー；

図 1 5 は、実施の形態 5 の CDMA 送信装置の構成を示すブロック図；

図 1 6 は、実施の形態 5 の CDMA 受信装置の構成を示すブロック図；

5 図 1 7 は、実施の形態 6 の CDMA 送信装置の構成を示すブロック図；
及び

図 1 8 は、実施の形態 6 の CDMA 受信装置の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

10 以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態 1)

図 3 に、本発明の拡散コード生成方法を実現するための拡散コード生成装置の構成例を示す。拡散コード生成装置 1 0 0 は、 $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部 1 0 1 を有する。 $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部 1 0 1 には、コード長設定部 1 0 2 により設定された任意の自然数 N が入力される。またコード番号設定部 1 0 3 によりコード番号 a が設定されると共に、チップ番号設定部 1 0 4 によりチップ番号 b が設定される。そして $n = a \times b$ 演算部 1 0 5 によりコード番号 a とチップ番号 b との乗算がなされ、乗算値 n が $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部 1 0 1 に入力される。この結果、 $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部 1 0 1 からは、任意の長さ N となる a ($a = 0 \sim N - 1$) 番目の拡散コードの b ($b = 0 \sim N - 1$) 番目のチップ $C(a, b)$ が
15 順次生成される。

図 4 に、拡散コード生成装置 1 0 0 による拡散コード生成手順を示す。拡散コード生成装置 1 0 0 は、ステップ S T 0 で処理を開始すると、ステップ S T 1 でコード長設定部 1 0 2 によりコード長 N を設定する。続くステップ S T 2
25 ではコード番号設定部 1 0 3 のコード番号 a を 0 とし、ステップ S T 3 ではチップ番号設定部 1 0 4 のチップ番号 b を 0 とする。

続くステップ S T 4 では、 $n = a \times b$ 演算部 1 0 5 により n を求め、ステッ

プST5に移る。ステップST5では、 $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部101によりa番目の拡散コードのb番目のチップC(a, b)の値が演算され、ステップST6でこの1チップぶんの値C(a, b)が出力される。

次に拡散コード生成装置100は、ステップST7に移ってチップ番号bが
5 N-1であるか否かが判断し、N-1でない場合（実際にはN-1よりも小さい場合）にはステップST8に移ってチップ番号bをインクリメントした後、ステップST4に戻る。このように拡散コード生成装置100は、ステップST4-ST5-ST6-ST7-ST8-ST4のループを繰り返すことにより、コード番号aが固定の基でコード番号aの拡散コードについて、チップ番
10 号bが0から始まってN-1までのチップを順次生成していく。これにより、コード番号aについてコード長Nの拡散コードが生成される。

コード番号aについてコード長Nの拡散コードが生成されると、ステップST7で肯定結果が得られ、ステップST9を介してステップST10に移り、コード番号aをインクリメントする。次に拡散コード生成装置100は、ステ
15 ップST3に移り、ここでチップ番号bを0にリセットする。続いて上述したのと同様に、ステップST4-ST5-ST6-ST7-ST8-ST4のループを繰り返すことにより、コード番号a+1が固定の基でコード番号a+1の拡散コードについて、チップ番号bが0から始まってN-1までのチップを順次生成していく。これにより、コード番号a+1についてコード長Nの拡散
20 コードが生成される。

以下同様の処理を、コード番号aがN-1となってステップST9で肯定結果が得られるまで行う。實際上、図4に示す処理は、例えば、図3のチップ番号設定部104を自走によりチップ番号bを0からN-1まで繰り返してカウントアップしていくカウンタにより構成すると共に、コード番号設定部10
25 3をチップ番号設定部104からチップ番号bとして0が出力される毎にカウント値（すなわちコード番号a）を0からN-1まで1ずつカウントアップしていくカウンタにより構成することにより実現できる。

これにより、拡散コード生成装置 100 によれば、コード長 N である N 種類
 (コード番号 a の個数に対応) の拡散コードを生成することができる。なお図
 4 では、コード番号 a を 0 から順に $N-1$ までインクリメントしていき、 N 種
 5 コードのみを生成するようにしてもよいことは言うまでもない。この場合には、
 ステップ S T 9 での a の判定値を $N-1$ よりも小さくすればよい。

図 5 に、本発明の拡散コードを用いた CDMA 送信装置の一例を示す。また
 図 6 に、本発明の拡散コードを用いた CDMA 受信装置の一例を示す。なお図
 5 及び図 6 では、説明を簡単化するために、1 コード多重を例にとって説明す
 10 る。

CDMA 送信装置 200 は、マッピング部 202 において送信データを Q P
 S K (Quadrature Phase Shift Keying) や 16 QAM (Quadrature Amplitude
 Modulation) 等の変調方式に応じて I-Q 平面上の所定位置にマッピングする
 ことにより、I 成分及び Q 成分を得、この I 成分及び Q 成分を拡散部 203 の
 15 シンボルコピー部 204 に送出する。

シンボルコピー部 204 は、I 成分及び Q 成分それぞれが拡散率に応じた数
 N になるようにコピーし、続く乗算部 205 に送出する。例えば拡散部 203
 で 3 倍拡散を行う場合には、I 成分及び Q 成分を 3 つずつコピーする。また乗
 算部 203 には、拡散コード生成部 201 により生成された拡散コードが入力
 20 される。

拡散コード生成部 201 は、上記 (1) 式に基づいて拡散コードを生成する。
 具体的な、構成例は図 3 及び図 4 で説明した通りである。拡散コード生成部 2
 01 は、例えば 3 倍拡散を行う場合には、「1, 1, 1」や、これに直交する
 「1, $e^{j(2\pi/3)}$, $e^{j(4\pi/3)}$ 」、「1, $e^{j(4\pi/3)}$, $e^{j(8\pi/3)}$ 」等の
 25 拡散コードを生成し、これを乗算部 205 に送出する。

實際上、拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ は複素数なので、図 5 では、拡散コード生
 成部 201 から出力される拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ の実部を $\text{Re}\{e^{j(2n\pi/N)}\}$

$N)$ } として示し、虚部を $\text{Im} \{ e^{j(2n\pi/N)} \}$ として示している。乗算部 205 は、コピーされた I 成分及び Q 成分を複素数の $I + jQ$ とみなして、それに対して所定のコード番号 a の拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ の各チップ $C(a, b)$ の実部 $\text{Re} \{ e^{j(2n\pi/N)} \}$ と虚部 $\text{Im} \{ e^{j(2n\pi/N)} \}$ を順次複素乗算する。このため乗算結果は、次式となる。

$$\begin{aligned}
 I &= I \times \text{Re} \{ e^{j(2n\pi/N)} \} - Q \times \text{Im} \{ e^{j(2n\pi/N)} \} \\
 Q &= Q \times \text{Re} \{ e^{j(2n\pi/N)} \} + I \times \text{Im} \{ e^{j(2n\pi/N)} \} \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

このようにして拡散部 205 では拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ を用いた拡散処理が行われ、拡散後の I 成分及び Q 成分がフィルタ 206 を介して直交変調部 207 に送られる。直交変調部 207 は、I 成分と Q 成分によりそれぞれ互いに位相が直交する波を変調することにより直交変調処理を施し、直交変調後の送信波をアンテナ 208 を介して送信する。

図 6 に、CDMA 送信装置 200 から送信された信号を受信する CDMA 受信装置 300 の構成を示す。CDMA 受信装置 300 は、CDMA 送信装置 200 から送信された送信波をアンテナ 302 で受信した後、直交復調部 303 に入力する。直交復調部 303 は、受信波に対して、直交変調部 207 (図 5) で用いたのと同じ、互いに位相が直交した \sin 波又は \cos 波を乗じることにより、直交変調前の I 成分及び Q 成分を検出する。検出された I 成分及び Q 成分は、フィルタ 304 を介して逆拡散部 305 の乗算部 306 に送出される。

また乗算部 306 には、拡散コード生成部 301 により生成された拡散コードが入力される。拡散コード生成部 301 は、送信側の拡散コード生成部 201 (図 5) と同様の構成でなり、上述した (1) 式で示す拡散コードを生成する。但し、拡散コード生成部 301 からの出力のうち、実部 $\text{Re} \{ e^{j(2n\pi/N)} \}$ はそのまま乗算部 306 に入力するようになっているが、虚部 $\text{Im} \{ e^{j(2n\pi/N)} \}$ は符号反転回路を介して乗算部 306 に入力するようになっている。

この結果、乗算部 306 には、拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ と複素共役の関係に

ある拡散コード $e^{-j(2n\pi/N)}$ が入力される。つまり、自然対数の底を e とし、拡散コードの長さ（すなわち拡散コード長）を N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C^*(a, b)$ が次式により表される拡散コードが入力される。

$$5 \quad C^*(a, b) = e^{-j(2n\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

但し、(3) 式において、 $n = a \times b$ であり、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$ の値を採り得るものとする。また $C^*(a, b)$ は、 $C(a, b)$ の複素共役を表すものとする。

乗算部 306 は、受信した I 成分及び Q 成分を複素数の $I + jQ$ とみなして、
 10 それに対して所定のコード番号 a の拡散コード $e^{-j(2n\pi/N)}$ の各チップ $C^*(a, b)$ の実部 $\text{Re}\{e^{-j(2n\pi/N)}\}$ と虚部 $\text{Im}\{e^{-j(2n\pi/N)}\}$ を順次複素乗算する。複素乗算後の I 成分及び Q 成分は、シンボル間足込部 307 に送出される。シンボル間足込部 307 は、1 シンボル分の I 成分及び Q 成分を各成分毎に足し込む。

15 このようにして逆拡散部 305 では拡散コード $e^{-j(2n\pi/N)}$ を用いた逆拡散処理が行われ、1 シンボル分だけ足し込まれた I 成分及び Q 成分がデマッピング部 308 に送られる。デマッピング部 308 は、 I 成分及び Q 成分のマッピング位置に応じた受信データを出力する。これにより、送信データに対応する受信データを得ることができる。

20 次に、本発明の拡散コード生成方法により生成した拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ を用いれば、コード間での直交性が確保され、送信側で拡散したシンボルを受信側で良好に分離できる理由について説明する。

まず、コード番号 a の拡散コード $e^{j(2n\pi/N)}$ ($n = a \times b$ 、 $a =$ 固定、 $b = 0 \sim N-1$) により拡散される i 番目のシンボルを $S(a, i)$ とし、その
 25 シンボルを N 倍コピーしたものを $P(a, i, b)$ とし、 $S(a, i)$ と $P(a, i, b)$ の関係を次式により表すものとする。

$$S(a, i) = P(a, i, b) \quad \dots\dots\dots (4)$$

但し、 $b = 0 \sim N-1$

拡散コード $C(a, b) = e^{j(2\pi n/N)}$ ($n = a \times b$ 、 $a = \text{固定}$ 、 $b = 0 \sim N-1$) により拡散された i 番目のシンボルの受信信号 $R(a, i, b)$ は、次式により表すことができる。

$$5 \quad R(a, i, b) = P(a, i, b) \cdot C(a, b) \dots\dots\dots (5)$$

但し、 $a = \text{固定}$ 、 $b = 0 \sim N-1$

この受信信号 $R(a, i, b)$ を拡散コード $C^*(a, b) = e^{-j(2\pi n/N)}$ ($n = a \times b$ 、 $a = \text{固定}$ 、 $b = 0 \sim N-1$) で逆拡散することにより得られる逆拡散結果 $Q(a, i)$ は次式により表すことができる。

$$10 \quad \begin{aligned} Q(a, i) &= \sum_{b=0}^{N-1} R(a, i, b) \cdot C^*(a, b) = \sum_{b=0}^{N-1} P(a, i, b) \cdot C(a, b) \cdot C^*(a, b) \dots\dots\dots (6) \\ &= \sum_{b=0}^{N-1} P(a, i, b) \cdot |C(a, b)|^2 = \sum_{b=0}^{N-1} P(a, i, b) \cdot 1 = N \cdot S(a, i) \end{aligned}$$

この結果、(6) 式を見れば明らかなように、 a 番目の拡散コードで拡散された信号は、受信側で a 番目の拡散コードの複素共役でなる拡散コードにより正しく抽出することができる。

これに対して、 a 番目の拡散コードで拡散された信号は、 a 番目の拡散コードと異なる拡散コード（例えば $a+1$ 番目の拡散コード）を用いて逆拡散しても抽出されない。以下これについて説明する。 $N=3$ の場合を例にとる。この場合、拡散コード生成部 201 からは、次の 3 つの拡散コードが生成される。

拡散コード 0 ($a=0$) : $[1, 1, 1]$

拡散コード 1 ($a=1$) : $[1, e^{j(2\pi/3)}, e^{j(4\pi/3)}]$

20 拡散コード 2 ($a=2$) : $[1, e^{j(4\pi/3)}, e^{j(8\pi/3)}]$

例として、拡散コード 1 で拡散した信号を拡散信号 2 の複素共役で逆拡散する場合について考えると、逆拡散結果 $Q(2, i)$ は次式のようになる。

$$\begin{aligned}
Q(2,i) &= \sum_{b=0}^2 R(1,i,b) \cdot C^*(2,b) = P(1,i,0) \cdot 1 \cdot 1 + P(1,i,1) \cdot e^{j\frac{2\pi}{3}} \cdot e^{-j\frac{4\pi}{3}} + P(1,i,2) \cdot e^{j\frac{4\pi}{3}} \cdot e^{-j\frac{8\pi}{3}} \\
&= P(1,i,0) + P(1,i,1) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} + P(1,i,2) \cdot e^{-j\frac{4\pi}{3}} \\
&= S(1,i) + S(1,i) \left\{ -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right\} + S(1,i) \left\{ -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right\} \\
&= 0
\end{aligned}$$

..... (7)

(7) 式を見れば明らかなように、拡散時と異なる拡散コードを用いて逆拡散処理を行うと、逆拡散結果は0となる。すなわち、拡散コード生成部201により生成された拡散コードは互いに直交関係にあることが分かる。この関係はNがどんな自然数であっても、どのような拡散コードの組み合わせであっても成り立つ。つまり、拡散コード生成部201は、任意の自然数Nに対してN個の直交拡散コードを生成できる。

次に、図7及び図8を用いて、本発明により得られる拡散コードの直交性についてさらに詳しく説明する。図7A、図7B、図7Cはそれぞれ3倍拡散の各拡散コード0～2 (a=0～2) を2次元平面で示したものである。

また図8Aは拡散コード2 (a=2) で拡散した信号を拡散コード2の複素共役で逆拡散した結果を示し、図8Bは拡散コード1 (a=1) で拡散した信号を拡散コード2の複素共役で逆拡散した結果を示す。

図8Aに示すように、拡散コード2で拡散した信号を拡散コード2の複素共役で逆拡散すると、3つのチップは同相で加算されることとなり、すなわち図8AでのC(2, 0)、C(2, 1)、C(2, 2)のベクトルが全て同じ向きになり、拡散コード2で拡散された信号を正確に取り出すことができる。

これに対して図8Bに示すように、拡散コード1で拡散した信号を拡散コード2の複素共役で逆拡散すると、C*(2, 0)、C*(2, 1)、C*(2, 2)を乗算した結果の3つのチップはそれぞれ120度ずつ異なる方向を向くことになり、逆拡散結果は0となる。これにより、異なる拡散コードを用いて逆拡散すると結果が0になる(すなわち直交している)ことがわかる。他の拡散

コードの組み合わせでも、Nがどのような数字でも同様の結果を得ることができる。

かくして本実施の形態によれば、(1)式で示すような拡散コードを生成するようにしたことにより、互いに直交性を有する任意の長さの拡散コードを生成することができるようになる。これにより例えばCDMAシステムの設計を容易化することができるようになる。

因みに、本発明の拡散コード生成方法は、OFDMにおける各直交波を生成する場合と類似している。OFDMでは互いに直交するサブキャリアを生成する。本発明により生成する拡散コードは、OFDMの0Hzから(N-1)Hzまでに相当する。しかし、実際の用いられ方や効果はOFDMとは大きく異なり、拡散コードとして用いることでOFDMでは実現不可能な処理や、OFDMでは得られない格別の効果を得ることができる。以下、OFDMとの違いについて説明する。

OFDMはN本のサブキャリアを生成する際に、(1)式で示したC(a, b)と同じ信号列を時間波形として用いる。しかし、OFDMではそのような作り方によって空中に放射される時間波形そのものを作っている。つまり、OFDMで生成する信号は連続した時間波形であって、その連続性が途切れると送信スペクトルに大きな影響があり、帯域外のスペクトルの広がりや極端に大きくなる。それゆえOFDMでは、FFT範囲内の時間波形に対して、全体の帯域を制限するフィルタリングのような極めて微小な加工をすることしかできない。もし大幅な加工をすると、性能の大幅劣化や送信スペクトルの大幅劣化を引き起こす。

それに対して本発明では、(1)式により生成した拡散コードをCDMAに用いることを基本としているので、拡散後の各チップを独立して扱うことができる。換言すれば、各チップをどのように処理(加工)することもできる。例えば各チップは、通常のCDMAで行われているように、ルートナイキストフィルタでチップごとに帯域制限を行ってもよいし、チップ間隔が不等間隔でも

よいし、チップ間に他の信号(パイロット信号や制御信号など)のチップを挿入してもよいし、チップの順番を変えてもよいし、スクランブルをかけてもよい。

特に、後述する実施の形態2で説明するチップの順番を変える方法や、実施の形態3で説明するスクランブルをかける方法を用いれば、孤立セルでしか使用できないOFDMに対して、他セルとの干渉が生じるセルラにも使用することが可能となるという新たな効果も生じる。つまり、OFDMでは(1)式を直交サブキャリアを生成するために用いているので、時間連続の時間波形が生成されその波形に対する処理はごく限られたものに限定されるのに対して、本発明では(1)式により拡散コードを生成するようにしているので、拡散後のチップに様々な処理を行うことができるようになる。この様々な処理にあたっては、コード長が2のべき乗に限定されないで、各処理を行う装置構成を多様化させることができる。

これらのことから分かるように、本発明ではOFDMと似た波形のコードを用いていることを特徴としているものの、用いる対象が全く異なり、その効果に格段の差が生じる。因みに、OFDMではパスごとに信号分離できないが、チップごとにルートナイキストフィルタなどで帯域制限を行うCDMAでは、通常のCDMAと同じようにパス分離が可能のために、RAKE受信をしてパスダイバーシチ効果を得ることもできる。

(実施の形態2)

この実施の形態の特徴は、(1)式に基づき生成した拡散コードの各コード内のチップの順番を変えるようにしたことである。

チップの順番を変えるにあたっては、(1)式に基づいてコード長Nの拡散コードを生成した後に、チップインターリーブを行うようにしてもよく、または次式に示す演算を行うことにより、初めからチップの順番を変えた拡散コードを生成するようにしてもよい。

$$C(a, b) = e^{j(2f(n)\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

但し、(8)式において、 $f(n)$ は入力 n に対して一対一対応で任意に順番

を変える関数である。例えば $N=3$ の条件の下で、 $f(0)=1$ 、 $f(1)=0$ 、 $f(2)=2$ を行う関数である。

(8) 式を実現する拡散コード生成装置の構成例を図9に示す。図3との対応部分に同一符号を付して示す図9において、拡散コード生成装置400は、
 5 $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部101 (図3) に換えて $e^{j(2f(n)\pi/N)}$ 演算部401 を設けた (但し、 $e^{j(2n\pi/N)}$ 演算部101 と $e^{j(2f(n)\pi/N)}$ 演算部401 は入力される値が n と $f(n)$ で異なるだけで同様の構成である) ことと、 $n=a \times b$ 演算部105 で求めた数値 n を別の数値 $f(n)$ に変換する $f(n)$ 変換部402 を設けたことを除いて、図3の拡散コード生成装置100と同様の
 10 構成でなる。

図5との対応部分に同一符号を付して示す図10に、本実施の形態のCDMA送信装置の一例を示す。また図6との対応部分に同一符号を付して示す図11に、本実施の形態のCDMA受信装置の一例を示す。実施の形態1のCDMA送信装置200とこの実施の形態のCDMA送信装置500との違いは、拡
 15 散コード生成部501によりチップ順序を変えた拡散コードを生成し、その拡散コードを用いて拡散処理を行う点である。同様に実施の形態1のCDMA受信装置300とこの実施の形態のCDMA受信装置600との違いは、拡散コード生成部601によりチップ順序を変えた拡散コードを生成し、その拡散コードを用いて逆拡散処理を行う点である。ここで拡散コード生成部501、6
 20 01は、例えば図9のように構成すればよい。

これにより、送信側では任意のコード長 N で互いに直交性を有する拡散コードのチップの順序を変えて送信信号に拡散処理を施すことができると共に、受信側では符号分割多重信号の中から所望の信号のみを正しく取り出すことができるようになる。

25 このようにこの実施の形態においては、実施の形態1の構成に加えて、拡散コードのチップを適宜変えることができる構成としたことにより、例えば以下のような効果を得ることができる。

コード間相関を平均化することができるという効果：拡散率が大きい場合には最初のチップと最後のチップで回線が変動している可能性があり、この際特定のコード間の直交性が大きく乱れてコード間の相関が大きくなる。このような場合でも、チップの順番を変えることにより、拡散コードに依存せずに全拡
5 散コード間ではほぼ同じ相関になるように相関を平均化できる。こうすることにより、誤り訂正符号の効果を向上させることができると共に、相関（逆拡散）によって干渉を除去でき易くなる。

他セルとの干渉を低減することができるという効果：チップの順番の変え方を他セルと異ならせる(セルごとに異なる順番変更パターンを割り当てる)ことにより、他セルとの相関を平均化することができ、スクランブルをかけたことと
10 同じような効果を得ることができる。

マルチパスの影響をランダム化することができるという効果：マルチパスがあるとチップ間で干渉が生じるが、チップの順番をランダムにしておくことで、干渉の生じ方をランダム化でき、この結果誤り訂正符号の効果を向上させるこ
15 とができると共に、相関（逆拡散）によって干渉を除去でき易くなる。

（実施の形態3）

図10との対応部分に同一符号を付して示す図12に、本実施の形態のCDMA送信装置の構成を示す。CDMA送信装置700は、スクランブルコード生成部701を有し、乗算部702において、スクランブルコード生成部701によって生成したスクランブルコードを拡散後の信号に乗ずるようになって
20 いる。

また図11との対応部分に同一符号を付して示す図13に、CDMA送信装置700からの信号を受信復調するCDMA受信装置の構成を示す。CDMA受信装置800は、スクランブルコード生成部801を有し、乗算部802において、スクランブルコード生成部801によって生成したスクランブルコードを逆拡散前の信号に乗ずるようになっている。当然、スクランブルコード生成部801は、スクランブルコード生成部701と同じスクランブルコードを
25

生成するようになっている。

5 以上の構成において、この実施の形態のCDMA送信装置700は、拡散コード生成部501によって生成した拡散コードを用いて拡散処理を行うのに加えて、スクランプリング処理を行う。ここでスクランプリング処理を行うことはCDMA通信において他セルとの識別を可能とするための一般的な処理である。しかし、この実施の形態では、上述したような本発明の拡散コードと組み合わせてスクランブル処理を行うことにより、他セルとの識別以外にも以下のような、一般的なCDMA通信では得られない特別な効果がある。

10 一つに、チップ間の相関を低減することができる。通常のCDMAではチップ間の位相が0, π あるいは $\pm\pi/4$ であり、拡散コードごとにチップ間の位相差が異なるので、遅延波の影響がある程度チップごとに異なって平均化される。これに対して、本発明の拡散コードを用いた場合、チップの順番並べ替えを行わないと仮定すると、どの拡散コードもチップ間の位相差が等しいために、遅延波の影響の現れ方がチップ間で相関が出てしまう。これを考慮すると、この実施の形態のようにスクランブル処理を行うことで、拡散コード間の位相差をランダム化することが望ましい。かくするにつき、受信側での誤り訂正能力を向上させることができるようになる。

20 またこの実施の形態のように、本発明の拡散コードを使用することに加えて、スクランブル処理を行うと、スクランブルコードとして[1, -1]以外のものを使用することが可能となる。つまり、スクランブルコードを生成するにあたっては、上述した拡散コードの生成方法と同様の方法で、任意の長さ及び周期さらにはその順番を変更したスクランブルコードを生成することが可能となる。そうすることによって、スクランブルコード自体の長さも容易に設定できるし、生成も容易になる。

25 かくして本実施の形態によれば、実施の形態1及び実施の形態2で説明した拡散コードを用いることに加えて、スクランプリング処理を行うようにしたことにより、実施の形態1や実施の形態2の効果に加えて、受信側での誤り率特

性を一段と向上させることができるようになる。また使用可能なスクランプリングコード数を増やすことができる。

なおこの実施の形態では、拡散後の信号にスクランブルコードを乗ずる場合について述べたが、本発明はこれに限らず、拡散前の送信信号や拡散コード自体にスクランブルコードを乗ずるようにした場合でも、上述した実施の形態と同様の効果を得ることができる。

(実施の形態4)

この実施の形態の特徴は、本発明の拡散コードを階層的なコードツリーを用いて生成することである。これにより、直交性を保ちながらさらに多くの拡散コードを生成することができるようになる。コードツリーは、拡散率が異なりかつ互いに直交している拡散コードを生成する手法として従来から用いられており、例えばOVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) コードはコードツリーを用いて生成される拡散コードの一例である。

図14に、本実施の形態のコードツリーを示す。このコードツリーは、拡散率の異なるコードを直交させるものであり、例えば3倍拡散と9倍拡散のコードを直交させることができる。また3倍拡散と15倍拡散のように、最も短い拡散率のコード(基本コード)の整数倍の長さのコードであれば任意の長さのコードを直交させることが可能である。コードツリーにおいては、上位のコードの倍数でありさえすれば良いので、15倍と9倍というもの同士も直交させることが可能である。また何階層になっても良い。

図14の例では、基本コードを3倍拡散としている。 $X([A, B])$ は拡散率AのB番目のコードを表している。さらに $X([A, B])$ を元に作られるコードを $X([A, B][C, D])$ で表し、この $X([A, B][C, D])$ は $X([A, B])$ をさらにC倍拡散したときのD番目のコードであることを表す。また $X([A, B]) \mid X([A, B])$ は、 $X([A, B])$ を2つ連続で並べて $X([A, B])$ の2倍の長さのコードを作ったことを示す。同様に $X([A, B]) \mid X([A, B])Y \mid X([A, B])Z$ は、 $X([A,$

B]) と $X([A, B])$ に Y を乗じたものと $X([A, B])$ に Z を乗じたものを順番に並べて $X([A, B])$ の 3 倍の長さのコードを作ったことを示す。

従来から CDMA で用いられる OVSF コードは、この中での特殊な場合で
5 あり、常に 2 倍ずつ拡散率を増やしている。しかし、本発明の拡散コードは 2 のべき乗以外の直交コードも作れるので、図 14 に示すように任意の倍率でのコードを生成できる。

因みに、コードツリーを用いると、拡散率が異なるコード(図 14 の例では例
例えば 18 倍拡散の $X([3, 1][2, 1][3, 1])$ と 9 倍拡散の $X([3,$
10 $1][3, 2])$)でも、全て直交したコードを作ることができる。但し OVSF
コードと同様に、既に使用されているコードの上位のコード(例えば $X([3,$
 $1][2, 1][3, 1])$)を使用している場合の $X([3, 1][2, 1])$
や $X([3, 1])$ は使用不可能となる。

次に、本発明の拡散コードをコードツリーを用いて生成する利点について説
15 明する。本発明の拡散コードをコードツリーを用いて生成することの効果は、
異なる拡散率のコードを直交多重させることができるという点では OVSF
コードなどと同じである。

しかし本発明の拡散コードをコードツリーを用いて生成すると、基本拡散率
(図 14 の例では 3)さえ同じであれば、18 倍拡散と 15 倍拡散というような、
20 かなり素に近い関係の拡散率でも互いに直交した拡散コードを作ることがで
きる。これにより、再送などをする場合にわずかに残った半端なリソースも有
効に使用できるようになり、リソース配分の微調節が容易になる。

例えば、従来は通信の品質を考えた場合、16 倍拡散だと 16 QAM
(Quadrature Amplitude Modulation)にするには少し品質が足りないが QPS
25 K(Quadrature Phase Shift Keying)には十分すぎる品質という場合には、32
倍拡散にして 16 QAM を使うか 16 倍拡散で QPSK を使うかしかなかっ
た。これは、リソースの有効利用の点で不十分であった。

これに対して、本発明の拡散コードをコードツリーを用いて生成すれば、18倍拡散で16QAMを使っても良いし(それでも足りなければ21倍拡散にしたりしてもよい)、逆に15倍拡散でQPSKを使う(まだ余裕があれば12倍拡散や9倍拡散を使う)こともできるようになる。

- 5 かくして本実施の形態によれば、本発明の拡散コードを階層的なコードツリーを用いて生成するようにしたことにより、実施の形態1での効果に加えて、直交性を保ちつつ多様な拡散率の拡散コードを生成できるようになり、リソースの有効利用が可能となる。

(実施の形態5)

- 10 この実施の形態では、送信側における本発明の拡散コードの生成処理及び拡散処理を一括して逆フーリエ変換器(IDFT)を用いて行うことを提案する。また受信側における拡散コードの生成処理及び逆拡散処理を一括してフーリエ変換器(DFT)を用いて行うことを提案する。これにより、演算量を削減することができるようになる。
- 15 図5との対応部分に同一符号を付して示す図15に、この実施の形態のCDMA送信装置の構成を示す。CDMA送信装置900は、送信データ#1～#3をそれぞれに対応して設けられたマッピング部(マッピング#1～#3)202A～202Cを介して3点の逆フーリエ変換器(IDFT)901に入力する。
- 20 3点IDFT901は、3入力に対して逆フーリエ変換処理を施すことにより、(1)式で $N=3$ の場合に相当する3つの拡散コードを生成し、この3つの拡散コードで各送信データ#1～#3を拡散するのと同等の処理を行うことができる。ここでN点の逆フーリエ変換処理は既知の技術なので詳述しないが、図5の拡散コード生成部201と拡散部203の処理を一括して逆フー
- 25 リエ変換により行うことができる。これにより、簡易な構成でかつ少ない演算量で、(1)式の拡散コードにより送信データ#1～#3を符号分割多重したのと同様の拡散信号を得ることができる。

20

図6との対応部分に同一符号を付して示す図16に、CDMA送信装置900から送信された符号分割多重信号を受信復調するCDMA受信装置1000の構成を示す。CDMA受信装置1000は、フィルタ304から出力された符号分割多重信号のIQ成分を3点の離散フーリエ変換器(DFT)1001に5 1に入力する。

3点DFT1001は、入力信号に対して3点フーリエ変換処理を施すことにより、(3)式で $N=3$ の場合に相当する3つの拡散コードを生成し、この3つの拡散コードを用いて符号分割多重信号を逆拡散するのと同等の処理を行うことができる。ここでN点のフーリエ変換処理はN点の逆フーリエ変換処理と同様に既知の技術なので詳述しないが、図6の拡散コード生成部301と10 逆拡散部305の処理を一括してフーリエ変換により行うことができる。これにより、少ない演算量かつ簡易な構成で、(3)式の拡散コードにより符号分割多重信号を多重前の送信データ#1～#3に対応する受信データ#1～#3に分離することができる。

15 ここで単純に本発明の拡散コードを生成し、その拡散コードを用いて拡散処理や逆拡散処理を行うと、コード数(N)の2乗のオーダーの演算量が必要となるが、本実施の形態のようにIDFTやDFTを用いることで、 $\log(N)$ のオーダーの演算量で済むようになる。

かくして本実施の形態によれば、逆フーリエ変換器901を用いて本発明の20 拡散コードを用いた拡散処理を行うようにしたことにより演算量の少ないCDMA送信装置900を実現できると共に、フーリエ変換器1001を用いて本発明の拡散コードを用いた逆拡散処理を行うようにしたことにより演算量の少ないCDMA受信装置1000を実現できる。

なお実施の形態2で説明したように、送信側でチップの順番を変更した場合25 には、受信側でチップの順番を戻してからDFT処理を行う(あるいはDFT1001への入力結線をチップを変更した順番に対応させておく)ようにすればよい。

また実施の形態3で説明したように、送信側でスクランブル処理を行った場合には、受信側でデスクランブル処理を行ってからDFT処理を行うようにすればよい。

さらにこの実施の形態では、一例として3ユーザ分の送信データ#1～#3
5 を符号分割多重して送信する場合の構成を示したが、3ユーザ分の送信データ#1～#3を符号分割多重する場合に限らず、N点IDFTを用いれば任意のN個の送信データを符号分割多重できるようになる。

(実施の形態6)

この実施の形態では、上述した実施の形態4のように拡散率の異なる拡散コ
10 ードを用いて送受信を行う場合の演算量の低減方法として、逆離散フーリエ変換器を適宜従属接続するCDMA送信装置を提案すると共に、離散フーリエ変換器を適宜従属接続するCDMA受信装置を提案する。つまり、拡散率の異なる拡散コードを使用する場合に、IDFT（送信側）やDFT（受信側）を階層的に用いる。

15 図15との対応部分に同一符号を付して示す図17に、本実施の形態のCDMA送信装置1100の構成を示す。図17は、15倍拡散の拡散コード5つと9倍拡散の拡散コード3つと3倍拡散の拡散コード1つを使用した例である。CDMA送信装置1100は、送信データ#1～#5をマッピング部202を介して5点IDFT1101に入力することにより、5点IDFTにより
20 5倍拡散の拡散コード（（1）式において $N=5$ としたもの）を用いて5つの送信データ#1～#5を符号分割多重する。この符号分割多重信号は3点IDFT1103に入力される。

またCDMA送信装置1100は、送信データ#6～#8をマッピング部202を介して3点IDFT1102に入力することにより、3点IDFT11
25 02により3倍拡散の拡散コード（（1）式において $N=3$ としたもの）を用いて3つの送信データ#6～#8を符号分割多重する。この符号分割多重信号は3点IDFT1103に入力される。

22

3点IDFT1103には、5点IDFT1101からの符号分割多重信号、3点IDFT1102からの符号分割多重信号及びマッピング部202を介した送信データ#9が入力される。3点IDFT1103は、3倍拡散の拡散コードを用いて3入力を符号分割多重する。この結果、3点IDFTからは送信データ#1～#5が15倍拡散され、送信データ#6～#8が9倍拡散され、送信データ#9が3倍拡散されてなる符号分割多重信号が得られる。

このようにして、複数のIDFT1101～1103を従属接続することにより、拡散率の異なる拡散コードを用いて各送信データを符号分割多重すると同等の処理を行うことができるようになる。

10 図16との対応部分に同一符号を付して示す図18に、CDMA送信装置1100から送信された信号を受信復調するCDMA受信装置の構成を示す。CDMA受信装置1200は、先ずフィルタ304からの出力を3点DFT1201に入力する。3点DFT1201は、3倍拡散コードを用いた逆拡散処理に相当するフーリエ変換演算を行うことにより得た3出力をそれぞれ、5点DFT1202、3点DFT1203及びデマッピング部308（デマッピング部#9）に送出する。

5点DFT1202は5倍拡散コードを用いた逆拡散処理に相当するフーリエ変換演算を行うことにより、送信データ#1～#5に対応する受信データ#1～#5を得る。また3点DFT1203は3倍拡散コードを用いた逆拡散に相当するフーリエ変換演算を行うことにより、送信データ#6～#8に対応する受信データ#6～#8を得る。

このようにして、複数のDFT1201～1203を適宜従属接続することにより、拡散率の異なる拡散コードにより符号分割多重された信号から符号分割多重前の各データを復元することができる。

25 なお図17のCDMA送信装置1100では全ての階層でIDFTを用いて、本発明の拡散コード生成及び拡散処理に相当する演算を行うようにしているが、これに限らない。つまり、図17のCDMA送信装置1100では、階

23

層が上がるに連れて、IDFTの入力レートは上がるので、演算パワーの点では最後のIDFT1103が最も比重が大きくなる。これを考慮すると、最終段のみIDFT1103を使用してそれよりも前段のIDFT1101、1102に換えて普通の整合フィルタを使用した場合でも、かなりの演算量を削減
5 することができる。

また図18のCDMA受信装置1200においても全ての階層でDFTを用いて、本発明の拡散コード生成及び逆拡散に相当する演算を行うようにしているが、これに限らない。つまり、図18のCDMA受信装置1200では、階層が下がるに連れて、DFTの入力のレートは下がるので（図18では最初
10 の3点DFT1201はチップレートの速さで信号が入力されるが、2段目の3点DFT1203と5点DFT1202はチップレートの1/3の速さで信号が入力される）、演算パワーの点では最初のDFT1201が最も比重が大きくなる。これを考慮すると、1段目のみDFT1201を使用してそれよりも後段のDFT1202、1203に換えて普通の整合フィルタを使用した
15 場合でも、かなりの演算量を削減することができる。なお、コードツリー上、1段目の拡散率（基本コードの拡散率）は全ての拡散コードで共通なので、1段目にDFTを使用することは、必ず可能である。

かくして本実施の形態によれば、実施の形態4で説明したように拡散率の異なる拡散コードを使用するにあたって、逆離散フーリエ変換器1101～11
20 03を適宜従属接続して階層的な拡散処理を行うようにしたことにより、拡散率の異なる拡散コードを使用する場合の演算量を削減できるCDMA送信装置1100を実現できる。同様に、実施の形態4で説明したように拡散率の異なる拡散コードを使用するにあたって、離散フーリエ変換器1201～1203を適宜従属接続して階層的な逆拡散処理を行うようにしたことにより、拡散
25 率の異なる拡散コードを使用する場合の演算量を削減できるCDMA受信装置1200を実現できる。

本発明は、上述した実施の形態に限定されずに、種々変更して実施すること

ができる。

本発明の拡散コード生成方法の一つの態様においては、自然対数の底を e とし、拡散コードの長さ（すなわち拡散コード長）を N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C(a, b)$ を次式により生成する。

$$5 \quad C(a, b) = e^{j(2n\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $n = a \times b$ 、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$

この方法によれば、直交性を有する任意の拡散コード長 N (N は任意の自然数) の拡散コードを生成することができるようになる。

本発明の拡散コード生成方法の一つの態様においては、前記 (1) 式の N を
10 順次 k 倍 (k は正の整数) していくことにより、拡散コード長の異なる拡散コードを生成する。

この方法によれば、直交性を保ちながらさらに多くの拡散コードを生成することができるようになる。実際には、コードツリーを用いて階層的に拡散コード長の異なる拡散コードを生成すれば良いが、本発明では従来のように 2 のべき乗のコードに限定されることなく直交コードを作ることができるようになるので、任意の拡散率の拡散コードを生成できる。この結果、拡散コード数を一段と増やすことができることに加えて、リソースの微調整も可能となる。

本発明の CDMA 送信装置の一つの態様においては、自然対数の底を e とし、拡散コードの長さ（すなわち拡散コード長）を N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C(a, b)$ を次式により生成する拡散コード生成手段と、
20

$$C(a, b) = e^{j(2n\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $n = a \times b$ 、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$

拡散コード生成手段により生成された拡散コードを用いて送信信号を拡散
25 する拡散手段と、を具備する構成を採る。

この構成によれば、拡散コード生成手段によって直交性を有する任意の拡散コード長 N (N は任意の自然数) の拡散コードを生成することができる。この

25

結果、本発明のCDMA送信装置を用いれば、システムにおけるフレーム長や基本クロック等の自由度が増すので、CDMAシステムの設計を容易化することができるようになる。

- 本発明のCDMA送信装置の一つの態様においては、前記拡散コード生成手段が、各拡散コード毎に前記（１）式で生成した拡散コードのチップの順序を並べ換える構成を採る。

この構成によれば、例えば回線変動が高速で起こっている場合でも拡散コード間の相関を平均化できるので、誤り訂正符号の効果を向上させることができると共に、相関（逆拡散）によって干渉を除去でき易くなる。

- 10 本発明のCDMA送信装置の一つの態様においては、さらに、前記送信信号、前記拡散コード又は拡散後の信号にスクランブルコードを乗じるスクランプリング手段を具備する構成を採る。

この構成によれば、セル識別効果に加えて、チップ間の相関を低減することができるようになり、受信側での誤り率特性を一段と向上させることができる。

- 15 本発明の拡散コードとの組合せにより、使用可能なスクランプリングコード数が増える。

本発明のCDMA送信装置の一つの態様においては、前記拡散コード生成手段が、前記（１）式の N を順次 k 倍（ k は正の整数）していくことにより、拡散コード長の異なる拡散コードを生成する構成を採る。

- 20 この構成によれば、直交性を保ちながらさらに多くの拡散コードを生成することができるようになり、同時送信できるデータ量をさらに増やすことができる。また２のべき乗のコードに限定されることなく直交コードを作ることができるので、任意の拡散率の拡散コードを生成できる。この結果、拡散コード数を一段と増やして同時送信できるデータ量が増えると共に、リソースの微調整
- 25 も可能となる。

本発明のCDMA送信装置の一つの態様においては、前記拡散コード生成手段及び前記拡散手段を逆離散フーリエ変換器により構成するようにする。

この構成によれば、前記（１）式で示した拡散コードを用いた拡散処理を少ない演算量で行うことができるようになる。

本発明のCDMA送信装置の一つの態様においては、前記拡散コード生成手段及び前記拡散手段を複数の逆離散フーリエ変換器を従属接続して構成し、送信信号を階層的に逆離散フーリエ変換するようにする。

この構成によれば、前記（１）式で示した拡散コードを階層的に用いて、拡散率の異なる拡散コードにより拡散処理を行う場合の演算量を削減できる。

本発明のCDMA受信装置の一つの態様においては、自然対数の底を e とし、拡散コードの長さ（すなわち拡散コード長）を N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C^*(a, b)$ を次式により生成する拡散コード生成手段と、

$$C^*(a, b) = e^{-j(2n\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

但し、 $n = a \times b$ 、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$

前記拡散コード生成手段により生成された拡散コードを用いて受信信号を逆拡散する逆拡散手段と、を具備する構成を採る。

本発明のCDMA受信装置の一つの態様においては、前記拡散コード生成手段及び前記逆拡散手段を離散フーリエ変換器により構成するようにする。

本発明のCDMA受信装置の一つの態様においては、前記拡散コード生成手段及び前記逆拡散手段を複数の離散フーリエ変換器を従属接続して構成し、受信信号を階層的に離散フーリエ変換するようにする。

以上説明したように本発明によれば、任意の長さの直交拡散コードを生成できるようになる。この結果、CDMAシステムにおけるフレーム長や基本クロック等の自由度が増すので、CDMAシステムの設計を容易化することができるようになる。

本明細書は、2003年7月10日出願の特願2003-272882に基づく。その内容はすべてここに含めておく。

産業上の利用可能性

本発明は、例えば携帯電話機やその基地局等に適用して好適なものである。

請求の範囲

1. 自然対数の底を e とし、拡散コードの長さを N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C(a, b)$ を次式により生成する拡散コード生成方法。

$$5 \quad C(a, b) = e^{j(2\pi n/N)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $n = a \times b$ 、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$

2. 前記(1)式の N を順次 k 倍 (k は正の整数) していくことにより、拡散コード長の異なる拡散コードを生成する、請求項1に記載の拡散コード生成方法。

10 3. 自然対数の底を e とし、拡散コードの長さを N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C(a, b)$ を次式により生成する拡散コード生成手段と、

$$C(a, b) = e^{j(2\pi n/N)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $n = a \times b$ 、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$

15 前記拡散コード生成手段により生成された拡散コードを用いて送信信号を拡散する拡散手段と、
を具備するCDMA送信装置。

4. 前記拡散コード生成手段は、各拡散コード毎に前記(1)式で生成した拡散コードのチップの順序を並べ換える、請求項3に記載のCDMA送信装置。
20

5. さらに、前記送信信号、前記拡散コード又は拡散後の信号にスクランブルコードを乗じるスクランブリング手段を具備する、請求項3に記載のCDMA送信装置。

6. 前記拡散コード生成手段は、前記(1)式の N を順次 k 倍 (k は正の整数) していくことにより、拡散コード長の異なる拡散コードを生成する、請求項3に記載のCDMA送信装置。
25

7. 前記拡散コード生成手段及び前記拡散手段を逆離散フーリエ

変換器により構成する、請求項 3 に記載の CDMA 送信装置。

8. 前記拡散コード生成手段及び前記拡散手段を複数の逆離散フーリエ変換器を従属接続して構成し、送信信号を階層的に逆離散フーリエ変換する、請求項 3 に記載の CDMA 送信装置。

- 5 9. 自然対数の底を e とし、拡散コードの長さを N としたとき、 a 番目の拡散コードの b 番目のチップ $C^*(a, b)$ を次式により生成する拡散コード生成手段と、

$$C^*(a, b) = e^{-j(2n\pi/N)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

但し、 $n = a \times b$ 、 $a = 0 \sim N-1$ 、 $b = 0 \sim N-1$

- 10 前記拡散コード生成手段により生成された拡散コードを用いて受信信号を逆拡散する逆拡散手段と、

を具備する CDMA 受信装置。

10. 前記拡散コード生成手段及び前記逆拡散手段を離散フーリエ変換器により構成する、請求項 9 に記載の CDMA 受信装置。

- 15 11. 前記拡散コード生成手段及び前記逆拡散手段を複数の離散フーリエ変換器を従属接続して構成し、受信信号を階層的に離散フーリエ変換する、請求項 9 に記載の CDMA 受信装置。

1/13

10 CDMA送信装置

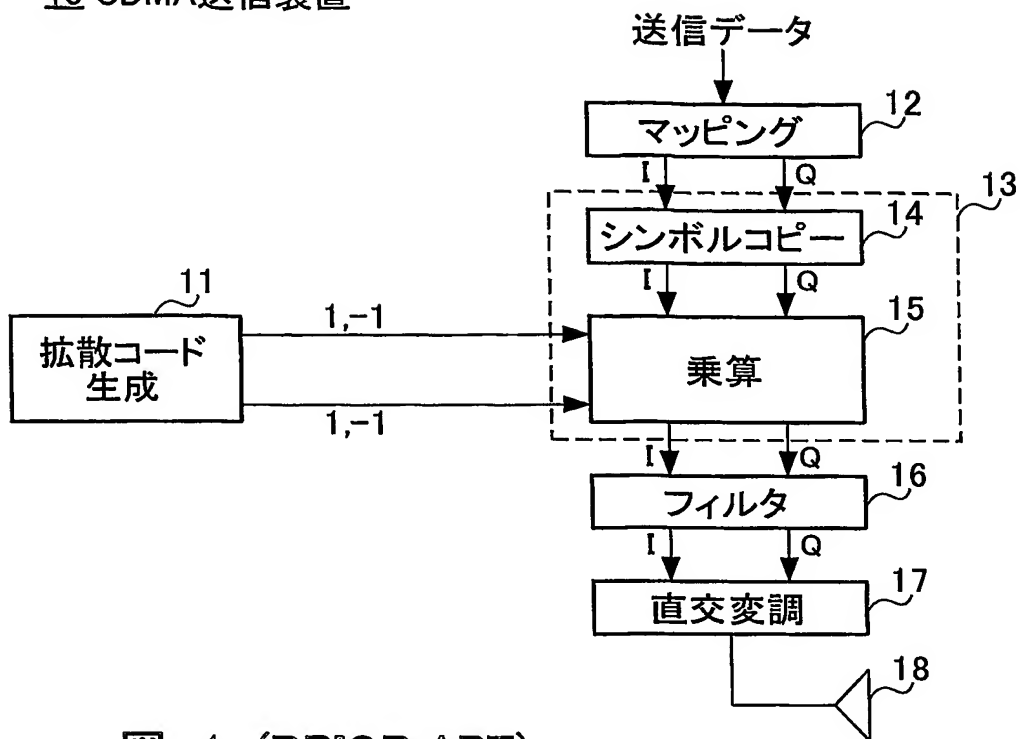


図 1 (PRIOR ART)

20 CDMA受信装置

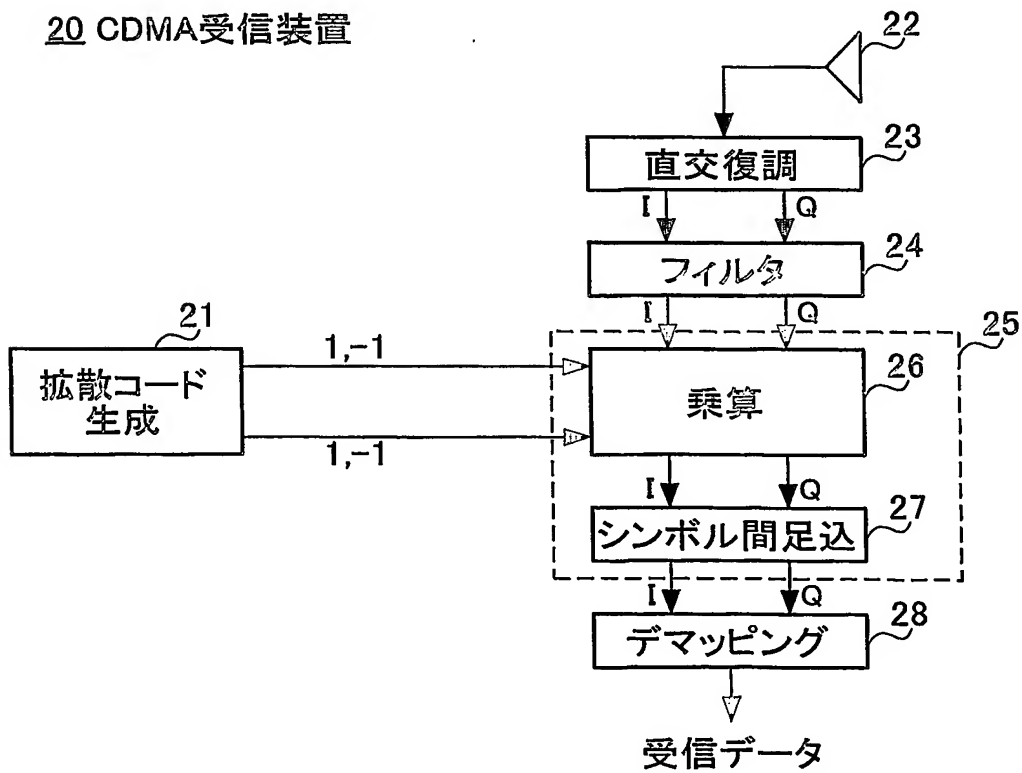


図 2 (PRIOR ART)

2/13

100 拡散コード生成装置

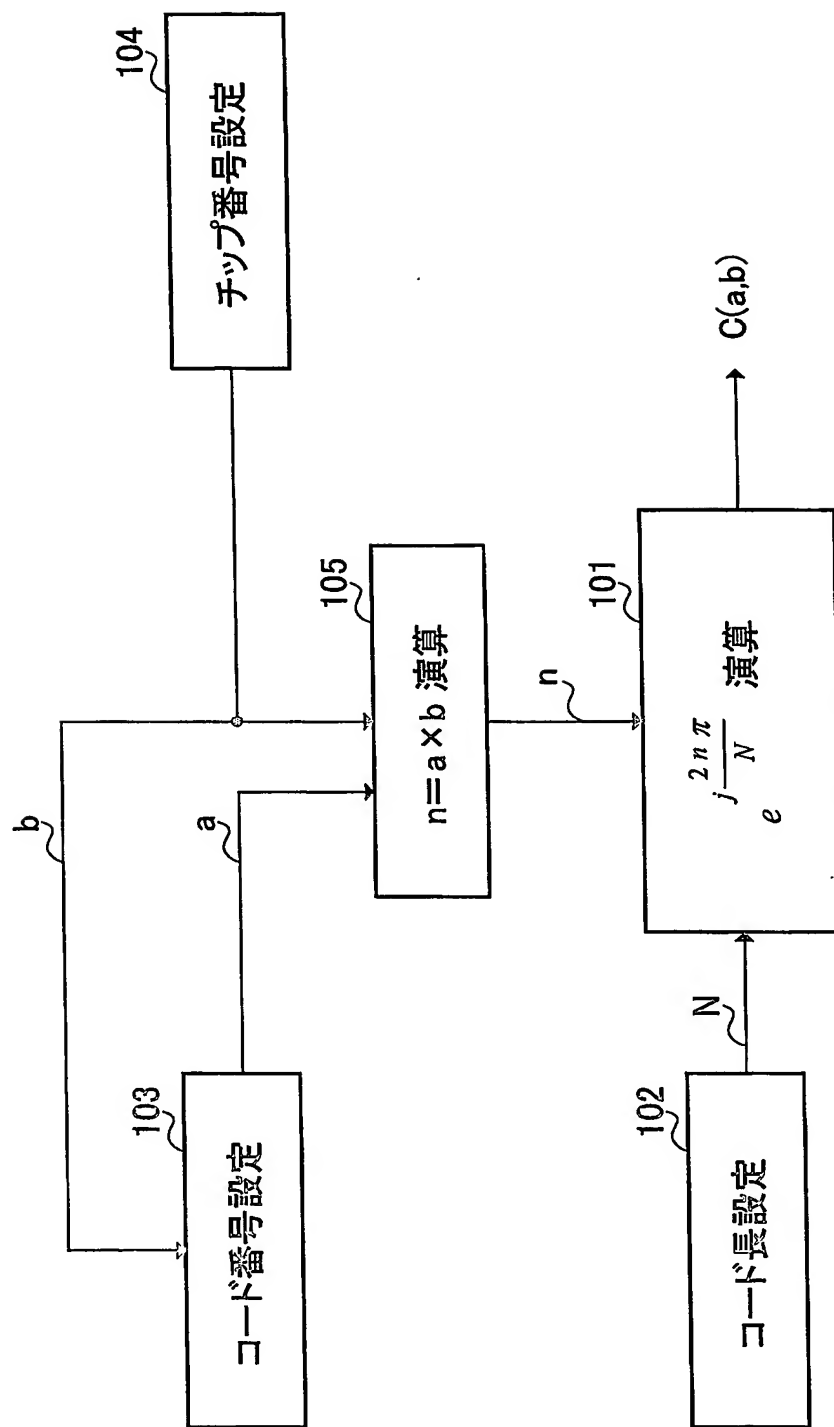


図 3

3/13

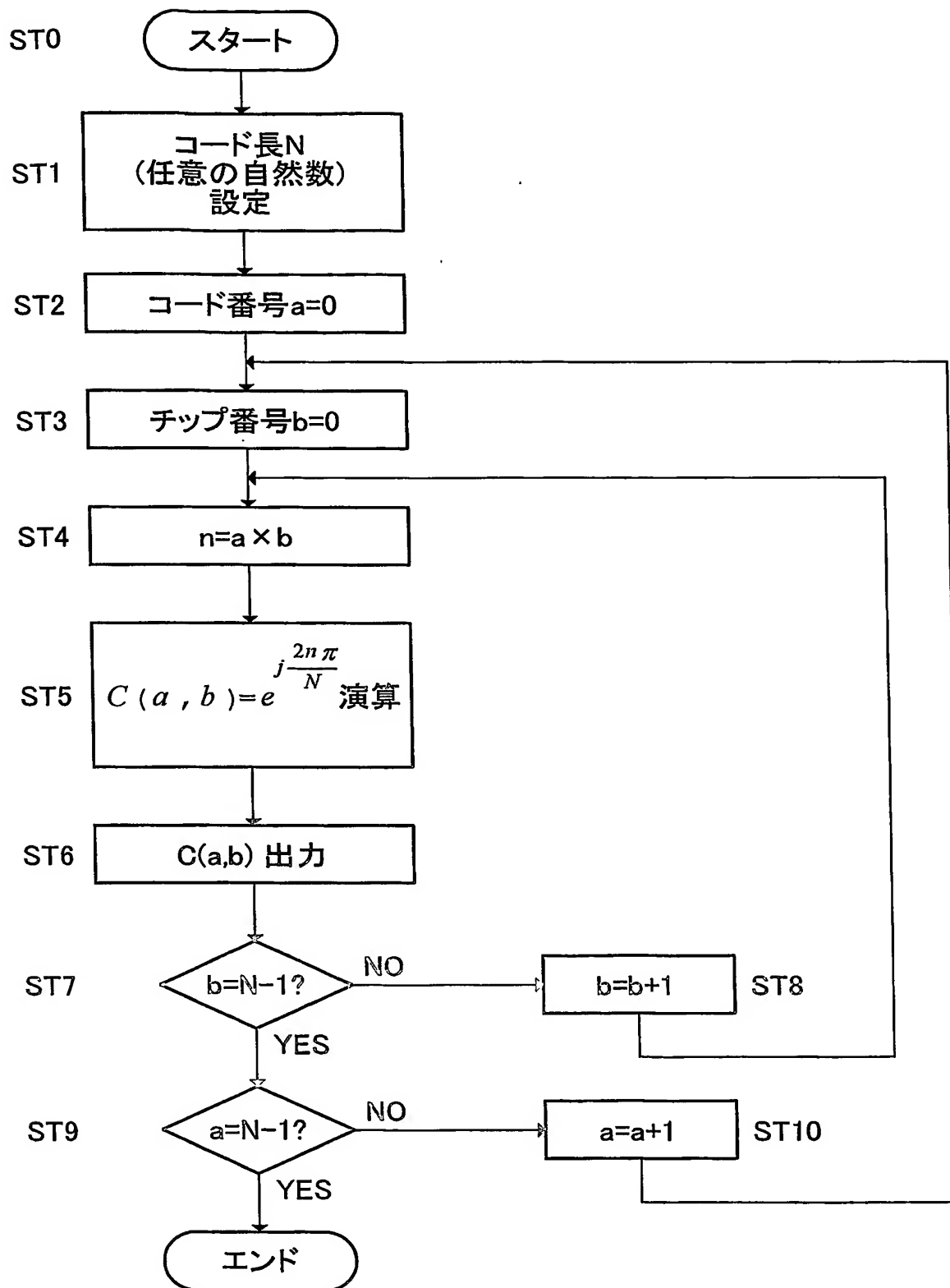


図 4

4/13

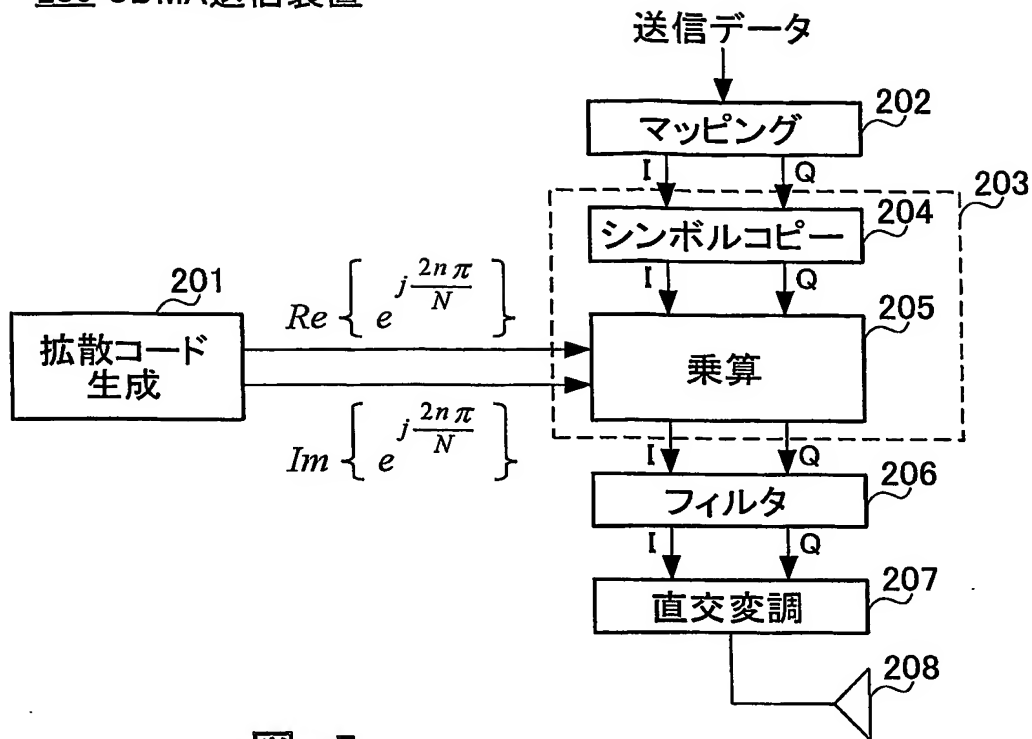
200 CDMA送信装置

図 5

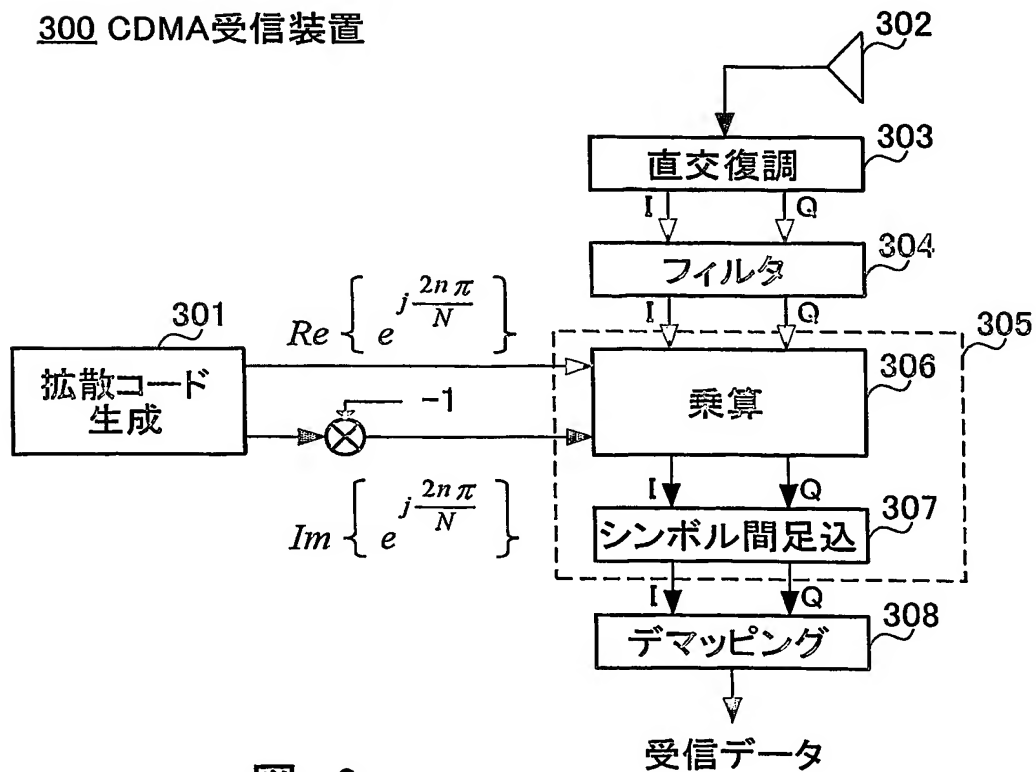
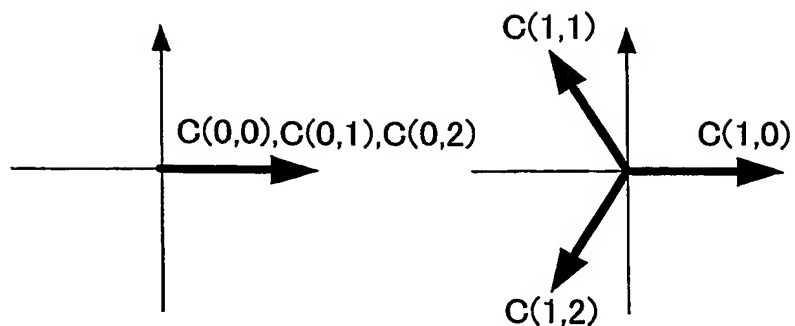
300 CDMA受信装置

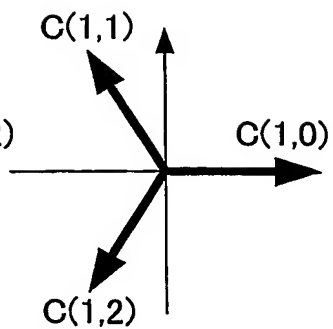
図 6

5/13



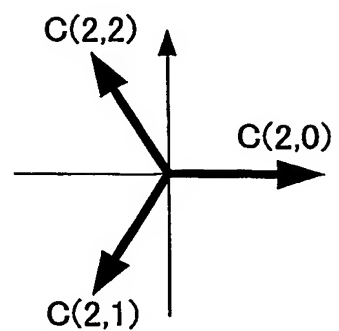
拡散コード0
($a=0$)

図 7A



拡散コード1
($a=1$)

図 7B



拡散コード2
($a=2$)

図 7C

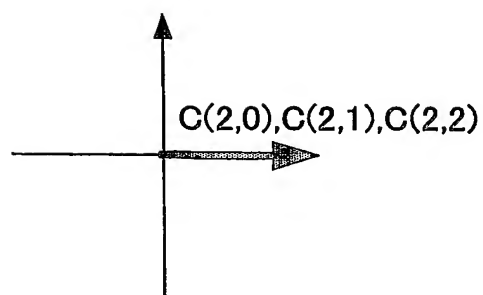


図 8A

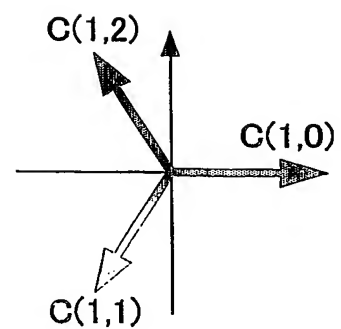


図 8B

400 拡散コード生成装置

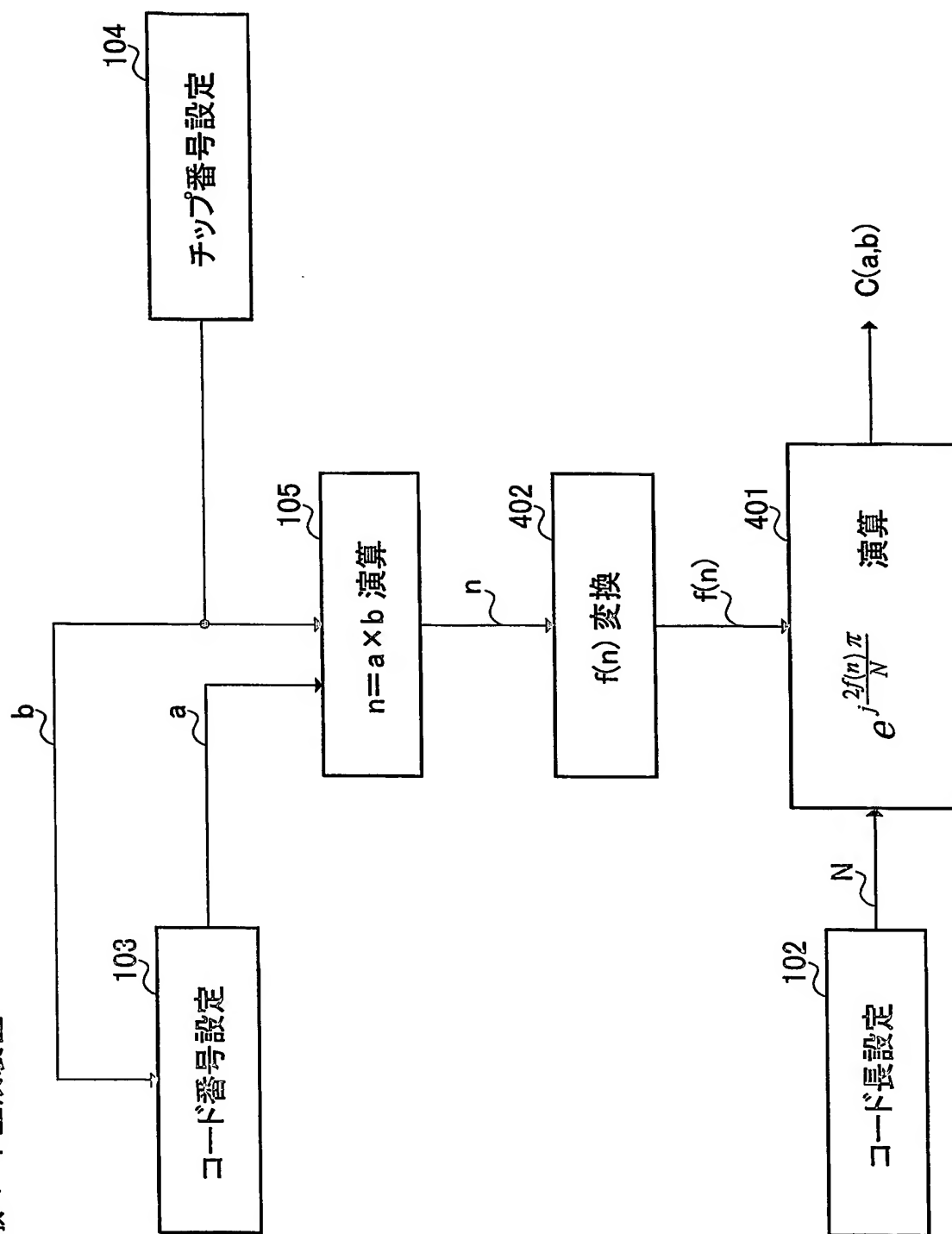


図 9

7/13

500 CDMA送信装置

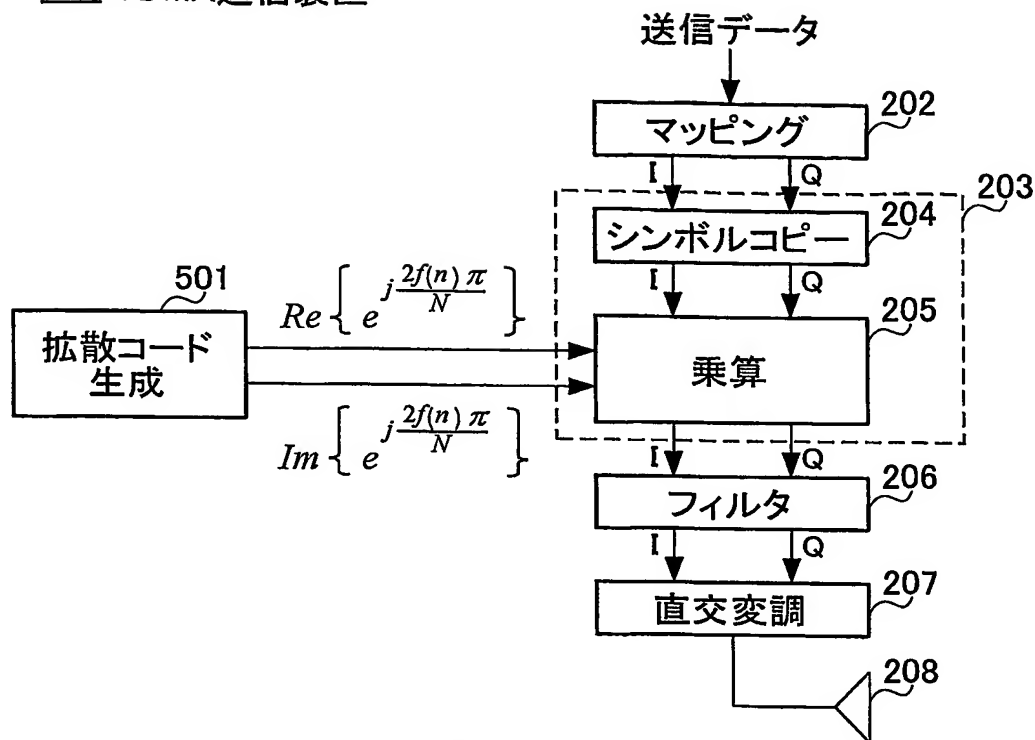


図 10

600 CDMA受信装置

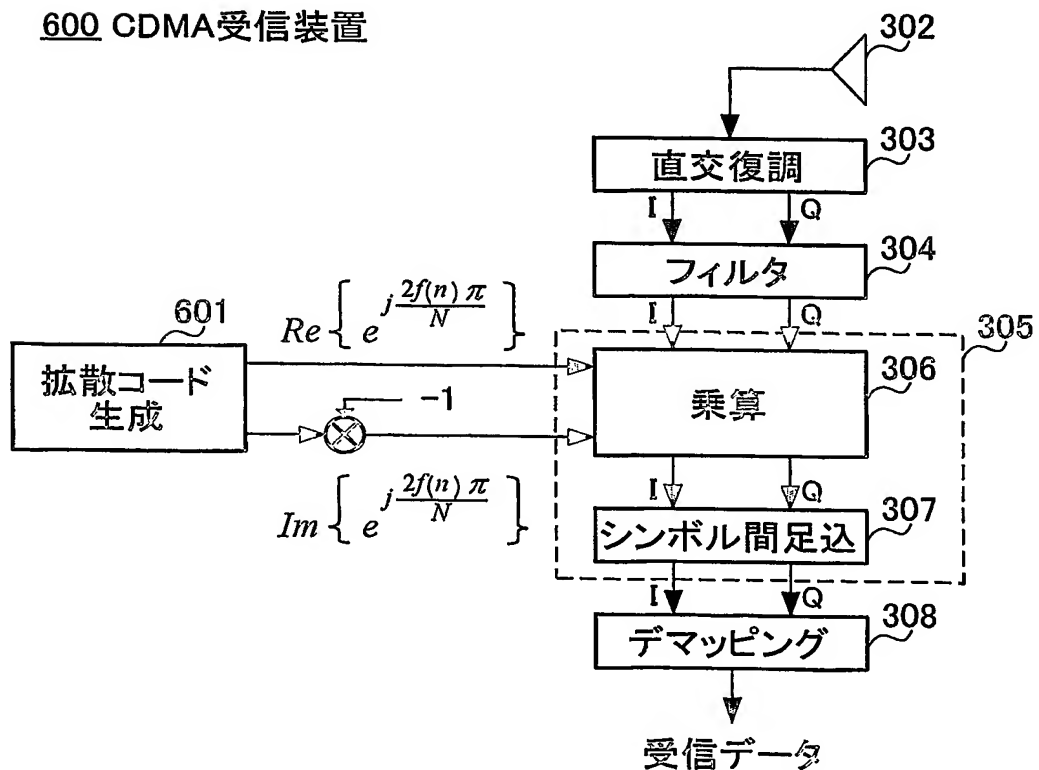


図 11

8/13

700 CDMA送信装置

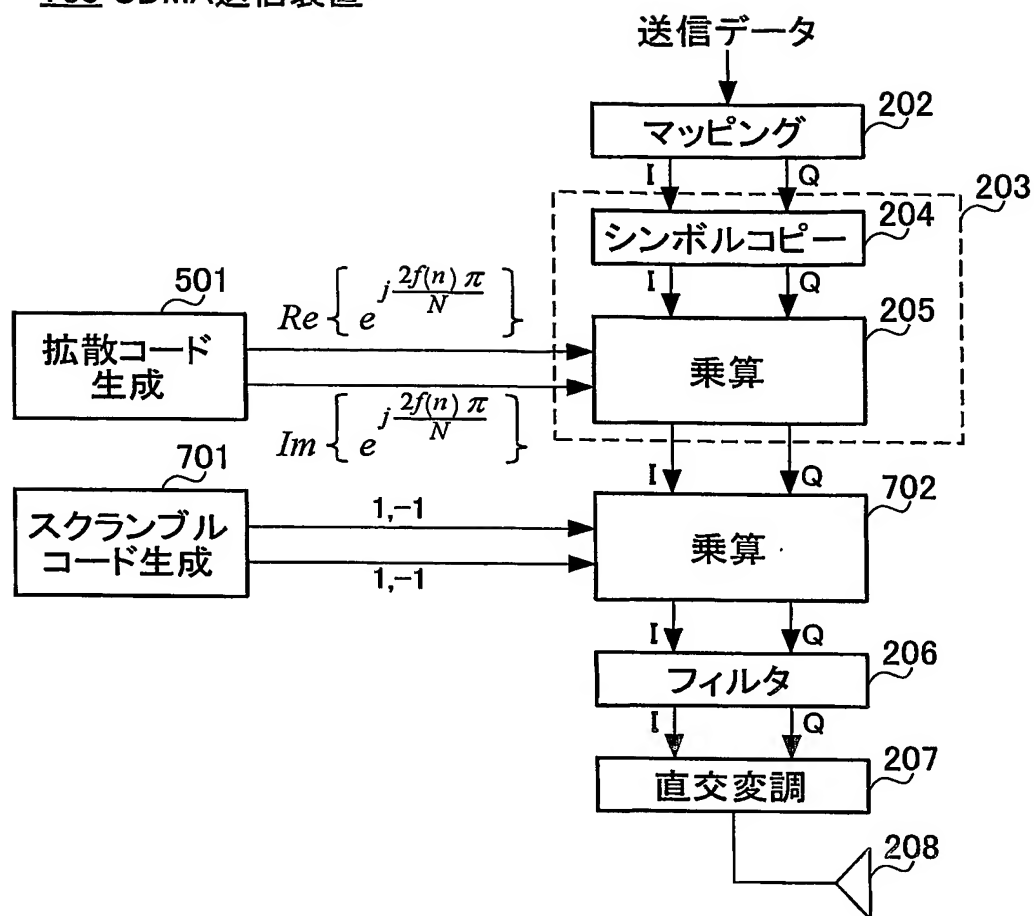
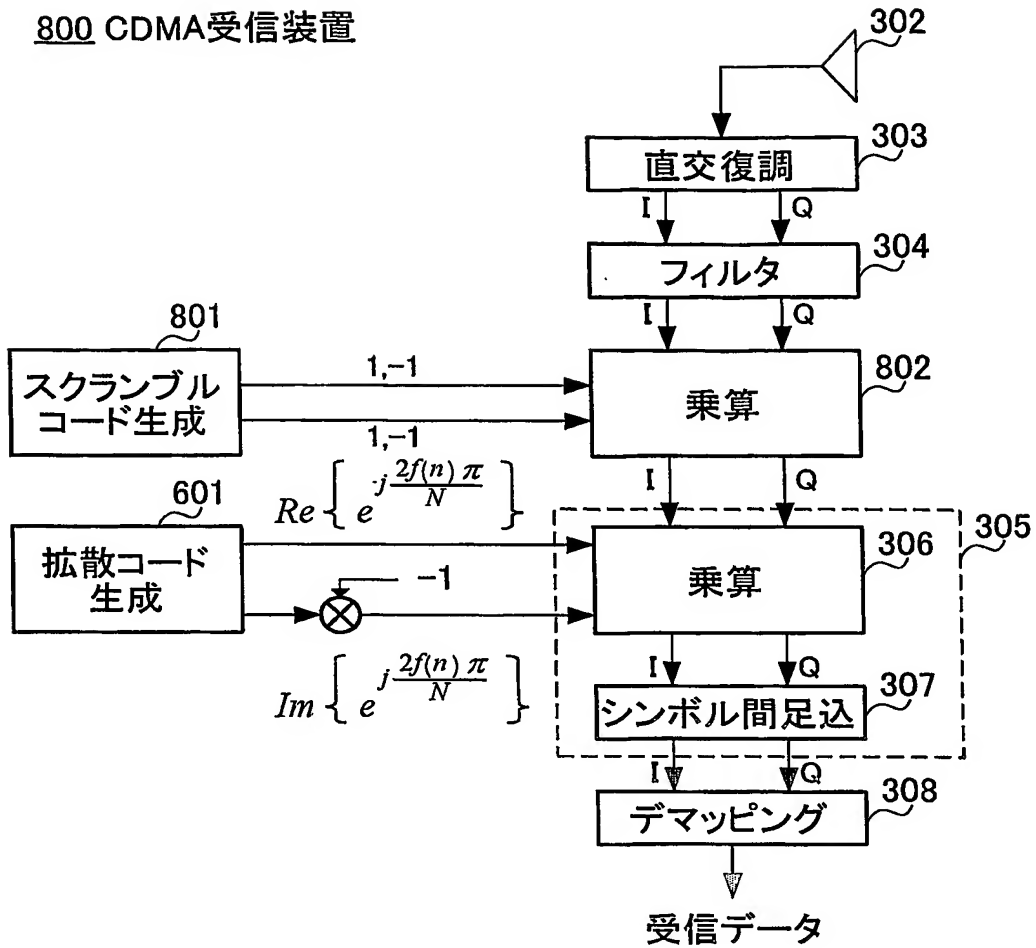
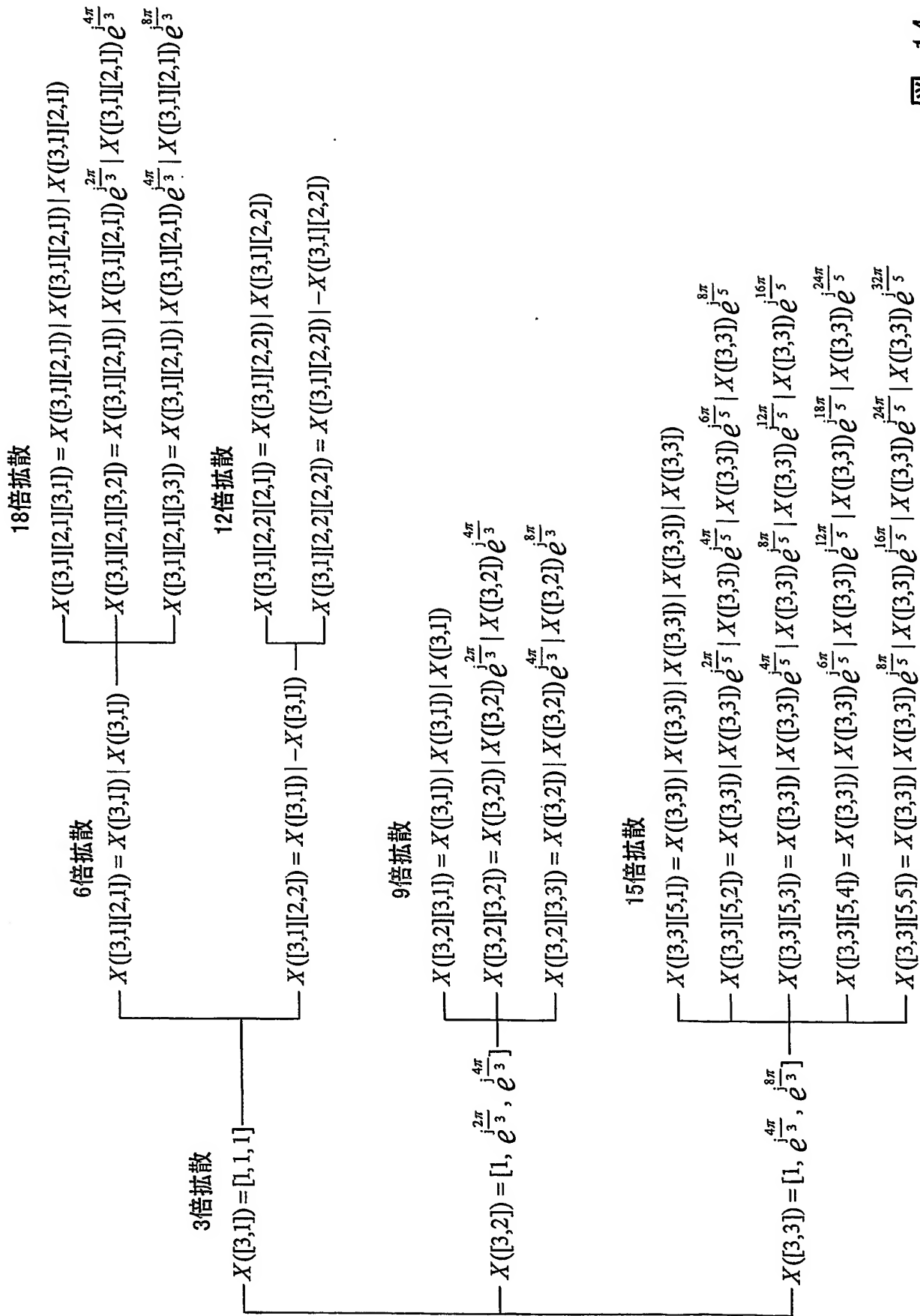


図 12

9/13



10/13



11/13

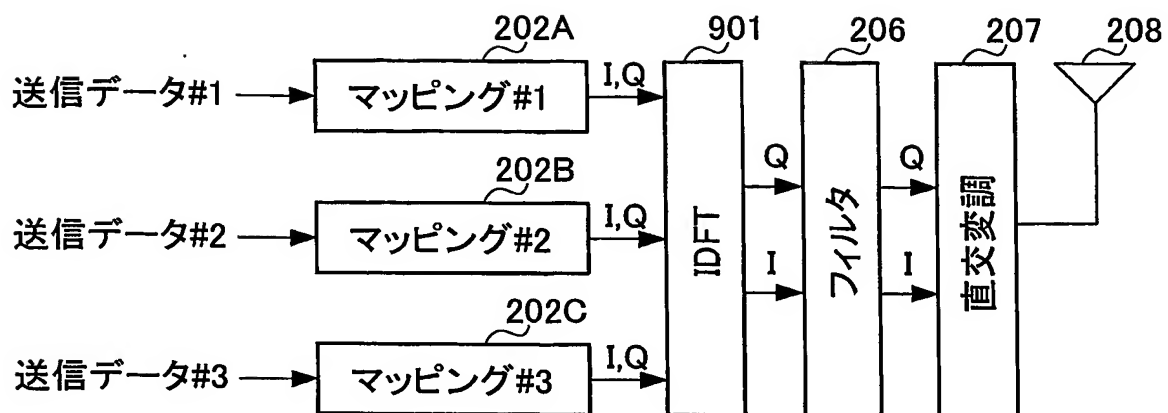
900 CDMA送信装置

図 15

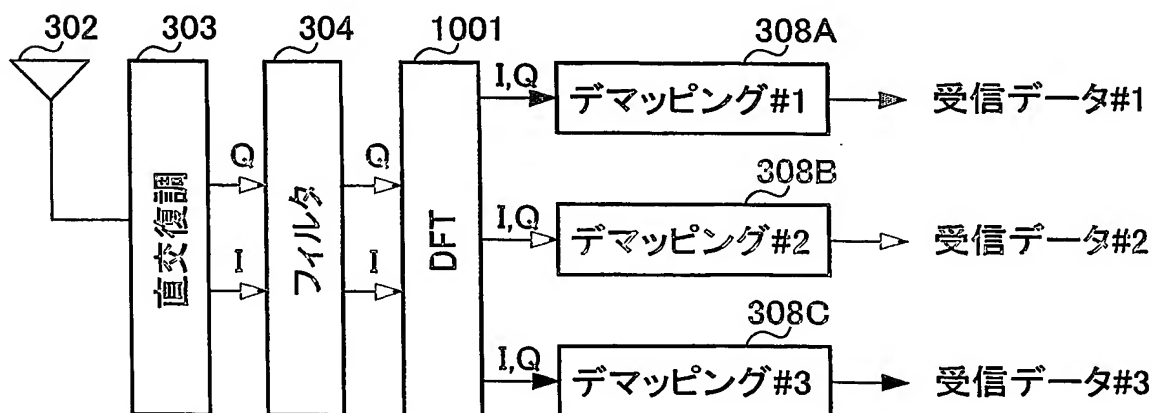
1000 CDMA受信装置

図 16

1100 CDMA送信装置

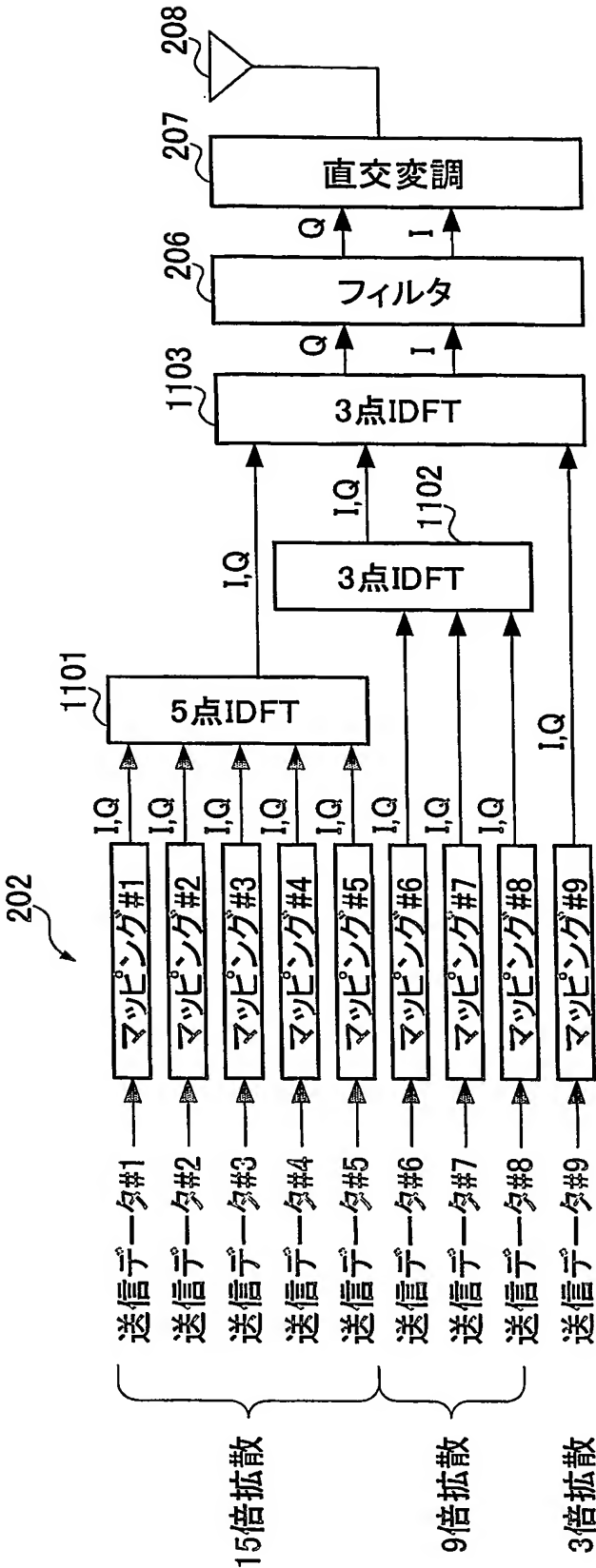


図 17

1200 CDMA受信装置

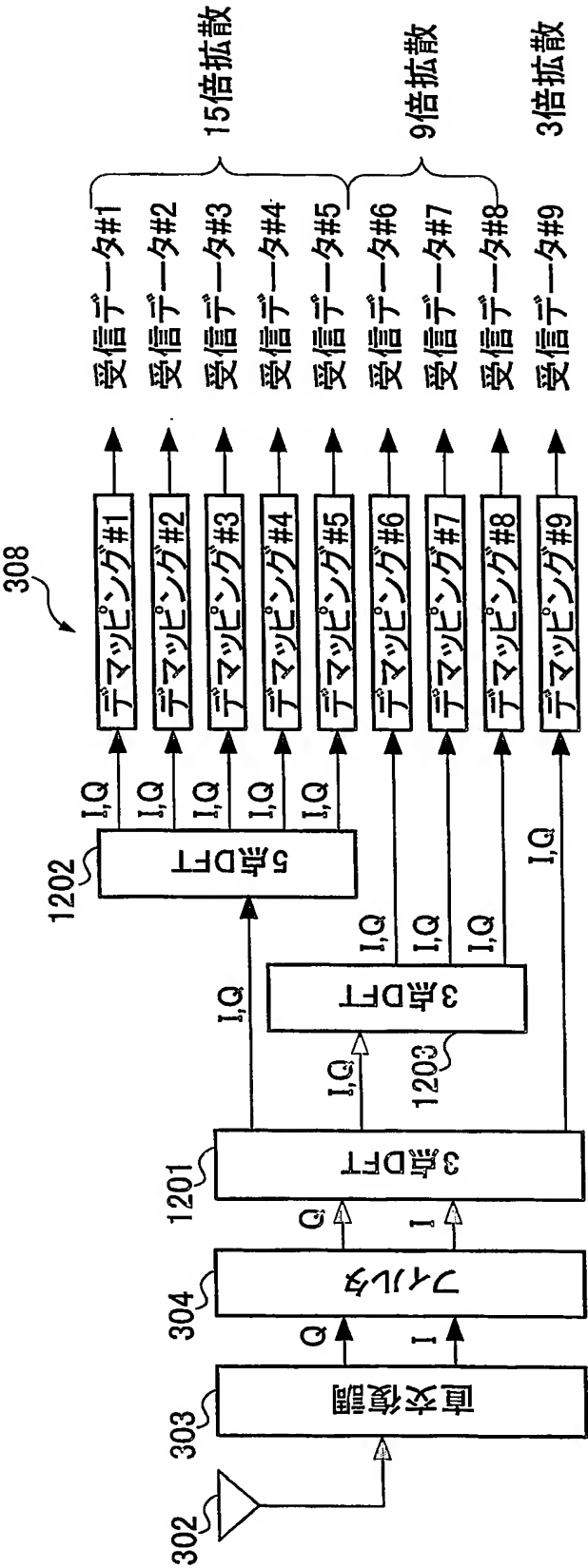


図 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H04J13/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H04J13/00-13/06, H04B1/69-1/713

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 3099795 A (Robert L. Frank), 30 July, 1963 (30.07.63), Full text; Fig. 3 (Family: none)	1-3, 5, 6, 7 4, 7, 8, 10, 11
X	Robert L. Frank, Polyphase Codes with Good Non periodic Correlation Properties, IEEE Transactions on Information Theory, Vol.9, Issue: 1, 1963.1, pages 43 to 45	1-3, 5, 6, 7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 August, 2004 (04.08.04)Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J13/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J13/00-13/06 H04B1/69-1/713

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-1996年

日本国公開実用新案公報 1971年-2004年

日本国登録実用新案公報 1994年-2004年

日本国実用新案登録公報 1996年-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 3099795 A (Robert L. Frank) 1963. 07. 30, 全文、第3図 (ファミリーなし)	1-3, 5, 6, 7
A		4, 7, 8, 10, 11
X	Robert L. Frank, Polyphase Codes with Good Nonperiodic Correlation Properties, IEEE Transactions on Information Theory, Volume: 9, Issue: 1, 1963.01, pp.43-45	1-3, 5, 6, 7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 08. 2004

国際調査報告の発送日

17. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

土居 仁士

5 K

9371

電話番号 03-3581-1101 内線 3555